

## АКУСТООПТИЧЕСКИЙ РАСЩЕПИТЕЛЬ-СДВИГАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ГИРОСКОПОВ

*В.М.Котов*

Известно, что для получения широкого динамического диапазона и стабильности масштабного коэффициента в волоконно-оптических гироскопах применяют фазовый сдвигатель световой волны, обладающий большим динамическим диапазоном и хорошими линейными характеристиками. При этом появляется возможность наиболее эффективно использовать "нулевой" метод (гомодинирование). Все это можно осуществить изменением частоты оптического излучения [1].

В настоящей работе предлагается для этой цели применить новый тип акустооптического (АО) расщепителя-сдвигателя частоты (РСЧ), использующий широкие функциональные возможности, заложенные в АО коммутаторе  $2 \times 2$  (см., например, [2-4]).

Функция РСЧ в составе волоконно-оптического гироскопа поясняется с помощью рис. 1. Оптическое излучение частотой  $\omega$ , генерируемое лазером 1, направляется в РСЧ, обозначенный 2, на который подаются электрические управляющие сигналы с частотами  $f_1$  и  $f_2$ . В результате АО взаимодействия в ячейке РСЧ часть оптического излучения дифрагирует на акустической волне с частотой  $f_1$ ; эта

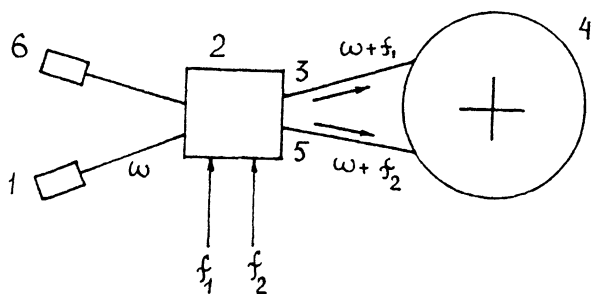


Рис. 1. Оптическая схема гироскопа.

волна направляется на вход 3 волоконно-оптической катушки 4, частота этого излучения —  $\omega + f_1$ . Другая часть падающего излучения дифрагирует на другой звуковой волне с частотой  $f_2$  и излучение с частотой  $\omega + f_2$  направляется на вход 5 этой же катушки во встречном направлении с излучением  $\omega + f_1$ . Пройдя волоконно-оптическую катушку, оба луча возвращаются в РСЧ. Дифрагируя вторично на тех же акустических волнах, каждый из них вновь расщепляется на два излучения, направляемые на фотоприемник 6 и лазер 1. На фотоприемнике лучи образуют интерференционную картину, из которой получают информацию о вращении волоконно-оптической катушки. Как будет показано ниже, каждый из лучей, попадающих на фотоприемник, в результате двойной дифракции вновь приобретает частоту  $\omega$  (процесс поглощения и рождения акустического фона одной и той же частоты). Излучение же, возвращающееся в лазер 1, имеет частоту  $\omega + f_1 f_2$  (поглощение двух фононов).

Изменение частоты оптических лучей в процессе описываемого АО взаимодействия можно проследить с помощью векторной диаграммы, рис. 2. Часть диаграммы, составленная из “сплошных” векторов ( $\bar{K}_0, \bar{K}_1, \bar{K}_2, \bar{K}_3, \bar{G}_1$  и  $\bar{G}_2$ ), полностью эквивалентна диаграмме АО коммутатора  $2 \times 2$  [2-4]. На рис. 2 добавлена лишь диаграмма из “пунктиров-векторов” ( $\bar{K}'_0, \bar{K}'_1, \bar{K}'_2, \bar{K}'_f, \bar{G}'_1 = \bar{G}_1$  и  $\bar{G}'_2 = \bar{G}_2$ ), являющаяся симметричным отображением первой диаграммы (с точкой симметрии “O”) и описывающая ход оптических лучей через РСЧ в обратном направлении.

Исходное излучение  $\bar{K}_0$  (рис. 2) с частотой  $\omega$  дифрагирует на акустических волнах  $\bar{G}_1$  и  $\bar{G}_2$  с частотами  $f_1$  и  $f_2$  соответственно в направлении  $\bar{K}_1$  и  $\bar{K}_2$ , частоты которых равны соответственно  $\omega + f_1$  и  $\omega + f_2$ . Отметим, что часть из-

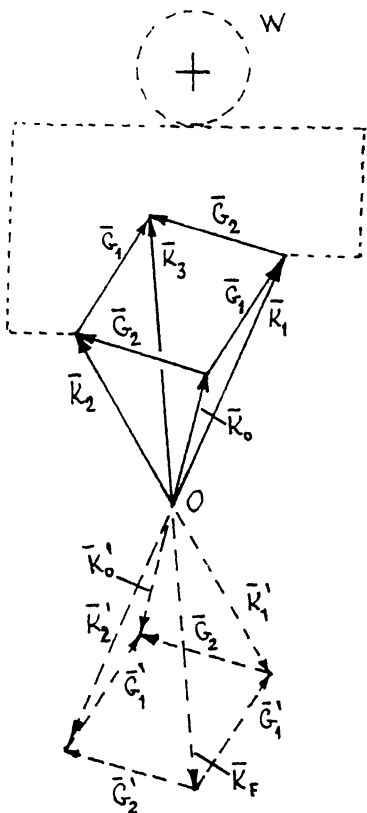


Рис. 2. Векторная диаграмма АО взаимодействия в расщепителе-сдвигателе частоты.

лучения световых волн  $\vec{K}_1$  и  $\vec{K}_2$  претерпевает дальнейшую дифракцию в направлении  $\vec{K}_3$ , которая в данном случае является нежелательной, так как ведет к дополнительным оптическим потерям. Лучи  $\vec{K}_1$  и  $\vec{K}_2$  направляются на торцы волоконно-оптической катушки  $W$  во встречных направлениях. Излучение  $\vec{K}_1$ , пройдя катушку, попадает вновь в РСЧ и распространяется в нем по направлению  $\vec{K}'_1$ , а  $\vec{K}_2$  — после обхода катушки — по направлению  $\vec{K}'_2$ . Вторичная дифракция происходит на тех же акустических волнах  $\vec{G}'_1$  и  $\vec{G}'_2$ .  $\vec{K}'_1$  — дифрагирует в направления  $\vec{K}'_f$  (направление на фотоприемник) и  $\vec{K}'_0$  (на лазерный источник), причем, как можно видеть из векторной диаграммы, излучение в направлении  $\vec{K}'_f$  имеет частоту  $\omega$ , а в направлении  $\vec{K}'_0$  —  $\omega + f_1 + f_2$ .

Излучение  $\bar{K}'_2$  так же дифрагирует на  $\bar{G}'_1$  и  $\bar{G}'_2$  в те же направления  $\bar{K}_f$  и  $\bar{K}_0$ , причем частоты лучей, распространяющихся по этим направлениям, так же равны  $\omega$  и  $\omega + f_1 + f_2$  соответственно.

Таким образом, на фотоприемник  $b$  (рис. 1) попадают два луча с одинаковыми частотами  $\omega$ , которые формируют стационарную интерференционную картину. Небольшой подмодуляцией частот  $f_1$  и  $f_2$  нетрудно модулировать интерференционную картину на фотоприемнике, тем самым увеличивая отношение сигнал/шум, т.е. чувствительность фотоприемника.

К источнику оптического излучения 1 (рис. 1) так же возвращаются два луча, но с частотой  $\omega + f_1 + f_2$ . Эта частота не совпадает с лазерной частотой, т.е. не происходит "сбоя" генерации лазера.

Основные параметры предлагаемого АО расщепителя-сдвигателя аналогичны параметрам коммутаторов  $2 \times 2$  [2-4], их конструкции так же близки. В данном случае, однако, надо учитывать, что оптическое излучение дважды проходит через устройство.

Применение описанного РСЧ в гироскопах обладает целым рядом достоинств, так как он позволяет: управлять соотношением интенсивностей оптических лучей (режим управляемого делителя оптического излучения); использовать "нулевой" метод; корректировать дрейф нуля; модулировать сигнал фотоприемника; обеспечивать частотную "развязку" лазерного источника и оптического излучения, распространяющегося по катушке.

Основным недостатком расщепителя является высокий уровень оптических потерь (измеренные потери составили 13-15 дБ), однако путем усовершенствования конструкции РСЧ, технологии его изготовления, выбором оптимального режима АО дифракции можно значительно снизить уровень потерь (по расчетам до 6-7 дБ). Расчетные потери сравнимы с потерями, вносимыми аналогичными узлами, применяемыми в настоящее время в волоконно-оптических гироскопах.

## Список литературы

- [1] *Волокно-оптические датчики* / Под ред. Т.Окоси. Пер. с японск. Л.: Энергоатомиздат, 1990. 256 с.
- [2] Антонов С.Н., Гуляев Ю.В., Котов В.М., Поручиков П.В. // Радиотехника и электроника. 1987. N 3. С. 623-628.
- [3] Антонов С.Н., Котов В.М. // Радиотехника. 1988. № 8. С. 22-27.
- [4] Kotov V.M., Shkerdin G.N. // ISFOC-93. Conf. Proc. April, 26-30, 1993. St. Petersburg, Russia. P. 175-178.

Институт радиотехники  
и электроники РАН  
Фрязинская часть

Поступило в Редакцию  
28 июня 1993 г.

---